

Metoda prognozowania sejsmiczności Ziemi w zależności od aktywności Słońca

Andrej Morozow

*Federalne Państwowe Przedsiębiorstwo – Specjalistyczny Inspektorat
Analitycznej Kontroli Środowiska, Kursk, Rosja*

1. Wstęp

Jeszcze w czasach starożytności wysunięto hipotezy, że Słońce jest nie tylko źródłem ciepła i światła, a również czynnikiem wywierającym duży wpływ na rozmaite aspekty życia człowieka i przyrody na Ziemi.

Obserwując przez dym pożarów i erupcji wulkanicznych ciemne „plamy” na jasnym dysku słonecznym człowiek mimowolnie powiązywał je ze wstrząsami społecznymi jak też z kataklizmami naturalnymi. Rozwój nauki poszerzył wiedzę o najbliższej i najważniejszej dla nas gwiazdzie, pozwolił zrozumieć naturę procesów zarówno na powierzchni jak i wewnątrz Słońca. Całokształt zjawisk przebiegających na Słońcu uzyskał miano „aktywności słonecznej”. Formy jej przejawów mogą być bardzo rozmaite i powiązane ze sobą w sposób wielce skomplikowany.

Najwcześniej zostały odnalezione tak zwane “plamy słoneczne”, przedstawiające sobą fragmenty powierzchni Słońca, mające jasność znacznie mniejszą od średniej jasności dysku słonecznego. Duże plamy widoczne są nawet nieuzbrojonym okiem przy odpowiednich warunkach (obecność dymu, mgła, wschód lub zachód Słońca). Przez teleskop można dokładnie odróżnić małe plamy i grupy plam (rysunek 1).

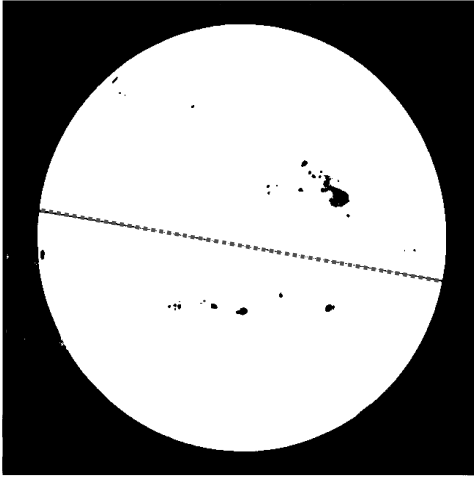
W pierwszej połowie XIX wieku badacze Słońca Niemiec Schwabe i Szwajcar Wolf ustalili, że ilość słonecznych plam cyklicznie się zmienia od minimum do maksimum [1]. Okres tych zmian określono mianem „cyklonu plam”. Średnia długość cyklu wynosi około 11 lat. Miarą „plamotwórczej” działalności Słońca są tzw. liczby Wolfa **W**:

$$W = 10g + f$$

gdzie:

f – ilość widocznych na dysku plam,

g – ilość grup plam.



Rys. 1. Dysk Słońca przez teleskop

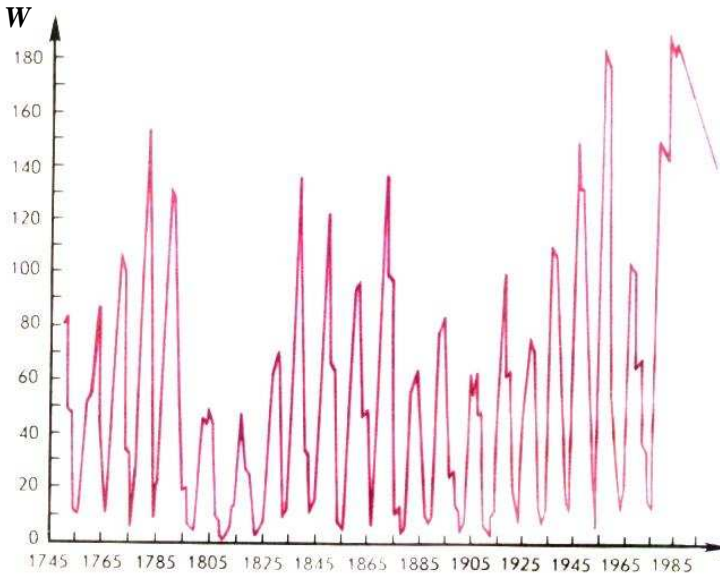
Fig. 1. Sun disc via telescope

Wartość W zmienia się w ciągu cyklu 20÷30 w latach minimum aktywności słonecznej, a 200÷230 podczas jej maksimum. Zarejestrowany ciąg liczb Wolfa obejmuje okres od roku 1750 do czasów najnowszych i stanowi podstawę analiz poszukiwań powiązań różnego rodzaju zjawisk w kosmosie i na Ziemi ze słoneczną aktywnością. Zmiany wartości liczby Wolfa za wspomniany wyżej okres przedstawiona jest na rysunku 2.

Rozwój pozaatmosferycznych obserwacji (za pomocą stacji kosmicznych) w ostatnim dziesięcioleciu spowodował wprowadzenie dodatkowych zespołów wskaźników aktywności Słońca również spełniających jedenastoletni cykl. Jednak za podstawowy indeks nadal uważa się liczbę Wolfa, co wynika przede wszystkim z jej reprezentatywności (ponad 250 lat obserwacji).

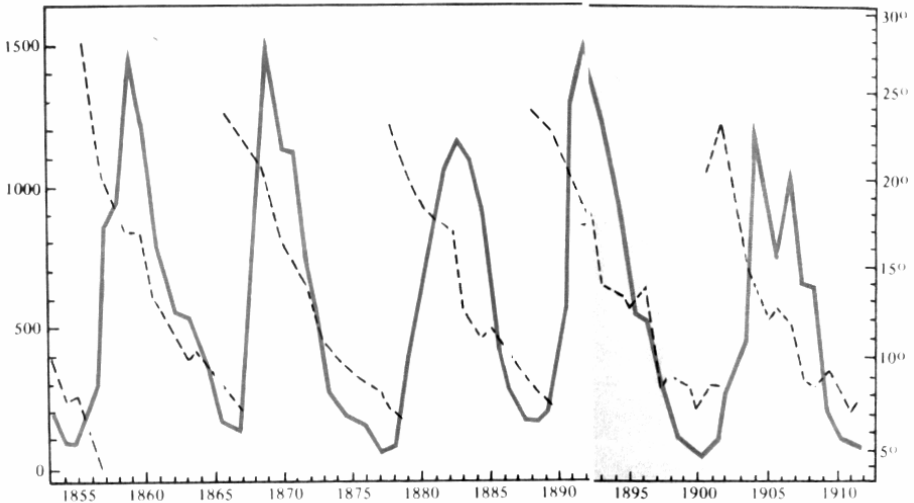
Mniejsza jasność plam związana jest z ich niższą temperaturą: przy średniej temperaturze dysku około 5800°C temperatura plamy wynosi 4300÷4500°C. Za przyczynę takiego obniżenia temperatury obecnie uważa się istnienie w strefie plamy silnego pola magnetycznego (do 3000÷4000 Gs), hamującego konwekcyjne przenoszenie ciepła z głębokich warstw do powierzchni.

Ograniczone cele danej publikacji nie przewidują dogłębnego rozpatrywania procesów zachodzących w aktywnych strefach Słońca, których centrami są plamy. Badaniom tych stref poświęca się setki specjalistycznych prac naukowych, jednak przyczyny powstawania aktywnych obszarów znane są dopiero w ogólnych zarysach, przez co są powodem licznych dyskusji na temat mechanizmu powstawania cyklicznej aktywności Słońca.



Rys. 2. Okresowość obserwowanych na Słońcu plam
Fig. 2. Sun stains periodicity

Położenie i rozmieszczenie plam na powierzchni Słońca charakteryzuje się pewnymi właściwościami. Jedną z nich przedstawia prawo Speraera, według którego średnia szerokość „solarograficzna” położenia plam zmienia się w zależności od stadium cyklu słonecznego i płynnie się zmniejsza od $\pm 30^\circ$ na początku do $\pm 7^\circ$ pod koniec cyklu [2]. Działanie tego prawa przedstawia w sposób graficzny rysunek 3, na którym jedenastoletni cykl jest nawet bardziej uwidoczniony, niż za pomocą liczb Wolfa. Rozdział plam pod względem długości jest również nierównomierny: plamy powstają przeważnie w wąskich przedziałach długości „solarograficznej” ($10^\circ \div 5^\circ$), czyli w tzw. strefach „aktywnych długości”. Nie wszystkie aktywne długości są jednakowo aktywne, niektóre z nich generują plamy bardziej aktywnie, niż inne. Istnieje pewna cykliczność aktywności tej lub innej strefy „aktywnej długości”.



Rys. 3. Średnie szerokości (-----) i powierzchnie (——) plam w latach 1854÷1912
Fig. 3. Average stain size (-----) and area (——) in years 1854÷1912

2. Badania własne

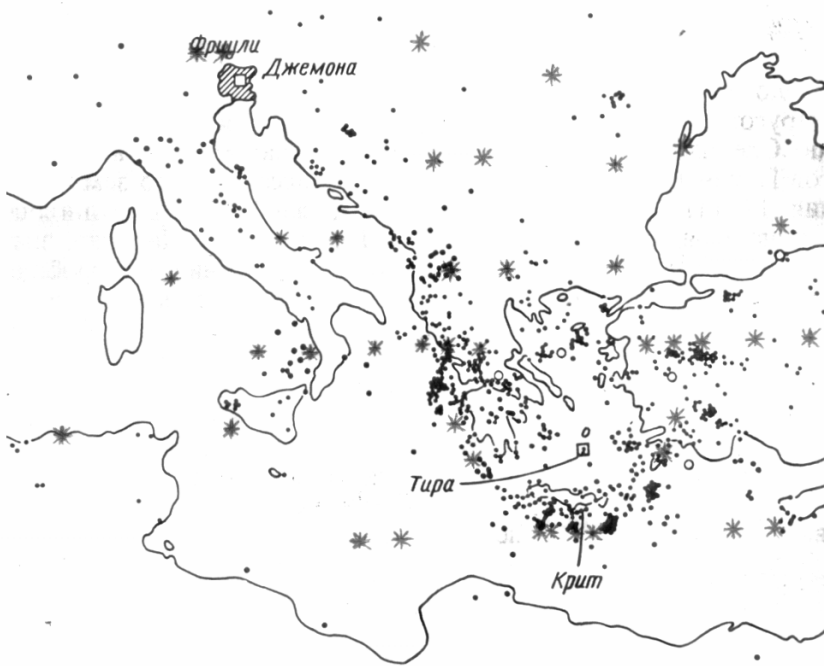
Dogłębne badanie tego zagadnienia doprowadziło autora do przekonania, że rozmieszczenie plam na powierzchni Słońca jest ściśle związane z chwilową intensywnością procesu powstawania plam i kształtowania aktywnych stref. Na podstawie wyników obserwacji Słońca otrzymanych za pomocą aparatu kosmicznego «SOHO» opracowano model matematyczny wypromieniowania energii z powierzchni Słońca, zgodnie z którym aktywne strefy pokrywają się z lokalnymi ekstremami przestrzennej funkcji rozkładu energii słonecznej.

Zatem odpowiednio dla każdej obserwowanej aktywnej strefy można jednoznacznie określić przestrzenną funkcję rozkładu, odpowiadającą pewnej progowej energii, potrzebnej do kształtowania aktywnej strefy w zadanym punkcie powierzchni Słońca. Funkcje rozkładu mają wiele lokalnych ekstremów, więc można jednocześnie obserwować kilka stref aktywnych, odpowiadających tej samej funkcji rozkładu. Na tej właśnie zasadzie bazuje metoda odnalezienia funkcji rozkładu: odpowiednio do ustalonych podczas obserwacji współrzędnych plam słonecznych komputer dobiera funkcję rozkładu, która najlepiej odzwierciedla widoczny rozkład plam.

Powszechnie znany jest fakt, że zjawiska związane z przejawami powiązań słoneczno-ziemnych zachodzą najsilniej podczas przechodzenia aktywnych stref przez płaszczyznę centralnego południka Słońca [3,4]. Przy tym sama strefa aktywna znajduje się wówczas na linii prostej łączącej centra Ziemi i Słońca. Współzależność między poziomem słonecznej aktywności wymienianej przez liczbę W i różnymi procesami geofizycznymi (jak – zaburzenia w jonosferze i magnetosferze czy pogoda i klimat) ustalona została dość dawno, jednak ujawnione dotychczas regularności mają charakter globalny i nie pozwalają prognozować wpływu słonecznej aktywności na wybraną część Ziemi. Poza tym wpływ aktywności Słońca na podobne procesy w różnych regionach planety nie jest jednakowy, a nawet może charakteryzować się trendami przeciwnych kierunków. Autor opracował **hipotezę o lokalnym wpływie słonecznej aktywności**, zgodnie z którą na kuli ziemskiej znajdują się strefy, gdzie wpływ aktywności Słońca na przebieg zjawisk geofizycznych przejawia się bardziej wyraziście, niż średnio na powierzchni planety.

Ponieważ dowolny proces geofizyczny związany jest ze zmianą i rozprzestrzenieniem jakiegokolwiek formy energii, staje się oczywiste, że można zbudować przestrzenną funkcję rozkładu energii rozpatrywanego procesu [5]. Ekstrema lokalne danej funkcji wskażą na strefy najbardziej prawdopodobnego zachodzenia wybranego zjawiska. Abstrahując się od konkretnego typu zjawisk i rozwiązując zagadnienie w ogólnej formie można wyprowadzić przestrzenną funkcję rozkładu dla występujących na powierzchni Ziemi aktywnych stref w zależności od położenia aktywnych stref Słońca.

W ten sposób obliczono położenie centrów sejsmicznej aktywności regionu Wschodniośroziemnomorskiego dla szerokiego przedziału energii sejsmicznej. Punkty obliczeniowe (*) zostały naniesione na mapę razem z epicentrami trzęsień ziemi (●) o sile ponad 4,5 stopni, które zaszły w latach 1965÷1975 (rysunek 4). Z rysunku wynika, że epicentra są wyraźnie zlokalizowane w pobliżu punktów obliczeniowych. Nie całkowite pokrycie punktów spowodowane jest uproszczeniami przyjętymi przy konstruowaniu funkcji rozkładu. Ważnym rezultatem, otrzymanym z analizy funkcji rozkładu aktywnych stref na powierzchni Słońca i funkcji rozkładu sejsmicznej energii Ziemi, jest możliwość prognozowania wpływu słonecznej aktywności na to lub inne centrum aktywności sejsmicznej.



Rys. 4. Epicentra trzęsień ziemi o magnitudzie ponad 4,5 w latach 1965÷1975 (●) oraz obliczeniowe centra aktywności sejsmicznej (*)

Fig. 4. Earthquake epicenters with over 4.5 magnitude in 1965÷1975 (●) and computed centers of seismic activity (*)

3. Wnioski

Tak więc istnieje możliwość ustalenia położenia centrum sejsmicznej aktywności najbardziej ulegającego oddziaływaniu Słońca, w zależności od typu funkcji rozkładu, do której należy aktywna strefa, przechodząca w danej chwili przez płaszczyznę centralnego południka Słońca. W tabeli 1 zestawiono wyniki obliczeń położenia najbardziej aktywnych centrów sejsmicznych, odpowiadających datom trzęsień ziemi w regionie Wschodniośroziemnomorskim w roku 2002 i ich rzeczywiste współrzędne [6].

Tabela 1. Obliczeniowe centra sejsmicznej aktywności regionu Wschodniośroziemnomorskiego i współrzędne epicentrow zarejestrowanych trzęsień ziemi
Table 1. Computed centers of the East Mediterranean seismic activity and coordinates of the registered earthquakes epicenters

Lp.	Data	Współrzędne epicentrum trzęsienia ziemi		Obliczeniowe położenie centrum aktywności sejsmicznej	
1	22.01.02	35,8 N	26,6 E	39 N	17 E
2	03.02.02	38,6 N	31,2 E	39 N	30 E
3	24.04.02	42,4 N	21,4 E	41 N	22 E
4	24.05.02	44,8 N	21,6 E	44 N	21,5 E
5	24.06.02	35,8 N	9,9 E	34 N	9,5 E
6	06.09.02	38,4 N	13,7 E	39 N	13 E
7	29.10.02	37,7 N	15,2 E	37 N	14 E
8	31.10.02	41,8 N	14,9 E	42 N	16 E
9	02.12.02	37,8 N	21,1 E	37 N	22 E
10	26.07.01	39,7 N	24,1 E	39 N	23 E

Jak wynika z tabeli, w dziewięciu przypadkach, odchylenie faktycznych współrzędnych epicentrum od punktów obliczeniowych nie przekracza $1,5^{\circ}$. Należy przyznać, że w dyspozycji autora znajduje się dość ograniczony materiał statystyczny, dotyczący sejsmiczności regionu Wschodniośroziemnomorskiego. Dlatego do dalszego opracowania wniosków, dotyczących możliwości prognozowania zjawisk sejsmicznych inicjowanych aktywnością Słońca, potrzebna jest bardziej dogłębna wspólna analiza danych o słonecznej i sejsmicznej aktywności.

Literatura

1. **Rivin Ju.R.:** *Cykle Ziemi i Słońca*. Nauka, Moskwa 1989.
2. **Witinskij Ju. I.:** *Aktywność Słońca*. Nauka, Moskwa 1983.
3. **Bolt B.:** *Trzęsienia Ziemi*. Mir, Moskwa 1981.
4. **Orlionok V.V.:** *Fizyka i dynamika geosfer zewnętrznych*. Nierad, Moskwa 1985.
5. **Wilenskin N.Ja.:** *Funkcje specjalne i teoria przedstawienia grup*. Nauka, Moskwa 1965.
6. US Geological Survey Bulletin 2001÷2002.

The Method of the Earth Seismicity Forecasting in Dependence of the Sun Activity

Abstract

Yet in the ancient ages hypotheses that sun is not only the source of warmth and light, but also the factor exerting on various aspects of the human and nature's life on Earth were given.

For each observed active zone on the Sun it is possible to qualify unambiguously the spatial function of distribution, corresponding to some liminal energy, necessary to form the active zone in set point of the Sun's surface. The functions of distribution have many local extrema's so it is possible to observe several active zones simultaneously, corresponding to the same function of distribution. The method of retrieval of distribution function is based on this rule: according to settled during observation coordinates of sunspots computer chooses distribution function, which at best reflects the visible distribution of spots.

There is possibility to settle location seismic activity centres the most influenced by the Sun, depending on type of distribution function to which active zone that goes through plane of central meridian of the Sun in given moment, belongs.

The model of sun-earth interaction allowing to define places on the Earth surface where this interaction is the most significant according to the observations of active zones of the Sun has been carried out. For Eastern Mediterranean region there has been shown the proximity of a number of places to the centers of seismic activity. Proximity of epicenters to the calculated points of localization of the Sun influence is shown for the dates of registered earthquakes with the magnitude of more then 6.5 in Eastern Mediterranean region in 2001÷2002. Improvement of the model and utilization of more impressive data base about seismic activity of Eastern Mediterranean region allow considering the factor of the sun influence while forecasting seismic phenomena within the given region.